

XXIVº Congreso Nacional del Agua 2013

San Juan, 14 al 18 de Octubre de 2013

ESTUDIO ECOHIDROLÓGICO DE LA CUENCA URBANA DE LA CAVA DE VILLA ITATÍ. QUILMES, PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Enrique Angheben¹, Ramiro Sarandón², Nilda González³, Pablo Romanazzi¹

¹Laboratorio de Hidrología - Departamento de Hidráulica. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Calle 47 N° 200, La Plata - Tel. 0221-427-5223.

²Gabinete de Ecometría, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP.

³Cátedra de Hidrogeología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP.
eangheben@hotmail.com

RESUMEN

El asentamiento urbano de Villa Itatí, y en particular el sector de “La Cava” (partido de Quilmes, provincia de Buenos Aires), conforma un sistema hidrológico altamente disturbado, en el cual la intervención antrópica tuvo un papel preponderante. El objetivo del trabajo fue el estudio integral del mismo desde un enfoque ecohidrológico. A tal fin, se elaboró un balance hidrológico bajo régimen no permanente, cuantificando el agua presente en La Cava, identificando sus orígenes y calculando sus porcentajes de incidencia. Además, se realizaron análisis de calidad del agua, que permitieron caracterizar el recurso en función de sus propiedades fisicoquímicas. El tratamiento de los aspectos hídricos ambientales se realizó bajo los conceptos estratégicos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo (A-V-R). Los cuerpos de agua superficiales y el agua freática se encuentran altamente contaminados por presencia de organismos patógenos, con posibilidades ciertas de entrar en contacto con los habitantes de La Cava. Por ello, y ante la carencia de agua segura y saneamiento, el riesgo a contraer enfermedades de vector hídrico es muy elevado. El presente estado de vulnerabilidad social de La Cava de Villa Itatí se ha ido construyendo a lo largo del tiempo a partir de las decisiones tomadas por los actores de la misma sociedad. Por ello, el riesgo resultante de la combinación de las amenazas analizadas, con los tipos de vulnerabilidad económica, política y cultural que involucran a esos actores sociales, deriva de la debilidad de una gestión del territorio en cuanto a su planificación y ordenamiento. A partir de los resultados del balance hidrológico y del análisis A-V-R surge claramente la necesidad de intervenir en La Cava de Villa Itatí de modo de detener el asentamiento poblacional que se ha ido produciendo en los últimos años, sobre todo en la zona baja, aquella que posee un riesgo mayor de inundación y se encuentra en contacto con el agua superficial.

Palabras Clave: Ecohidrología, Riesgo Hídrico, Cuenca Urbana, Villa Itatí

INTRODUCCIÓN

El acceso al agua segura, al saneamiento y a la prevención de inundaciones, en núcleos poblacionales de bajos recursos y de alto grado de vulnerabilidad es un tema de relevante importancia, y en el cual se pone de manifiesto más claramente la desigualdad entre aquellos que tienen garantizado este derecho y quienes aún no. El ciclo del agua en ambientes antropizados marginales posee características particulares, como ser: déficit en el acceso al agua potable; condiciones de alto riesgo sanitario debido a la ausencia de colectoras de aguas residuales y efluentes cloacales; obtención de agua para uso doméstico de fuentes no seguras, precarias o clandestinas; deterioro de la calidad de los cursos de agua superficiales y/o del recurso hídrico subterráneo; inundación y/o anegamiento de viviendas por insuficiencia o inexistencia de obras de infraestructura pluvial, o por ascenso del nivel freático.

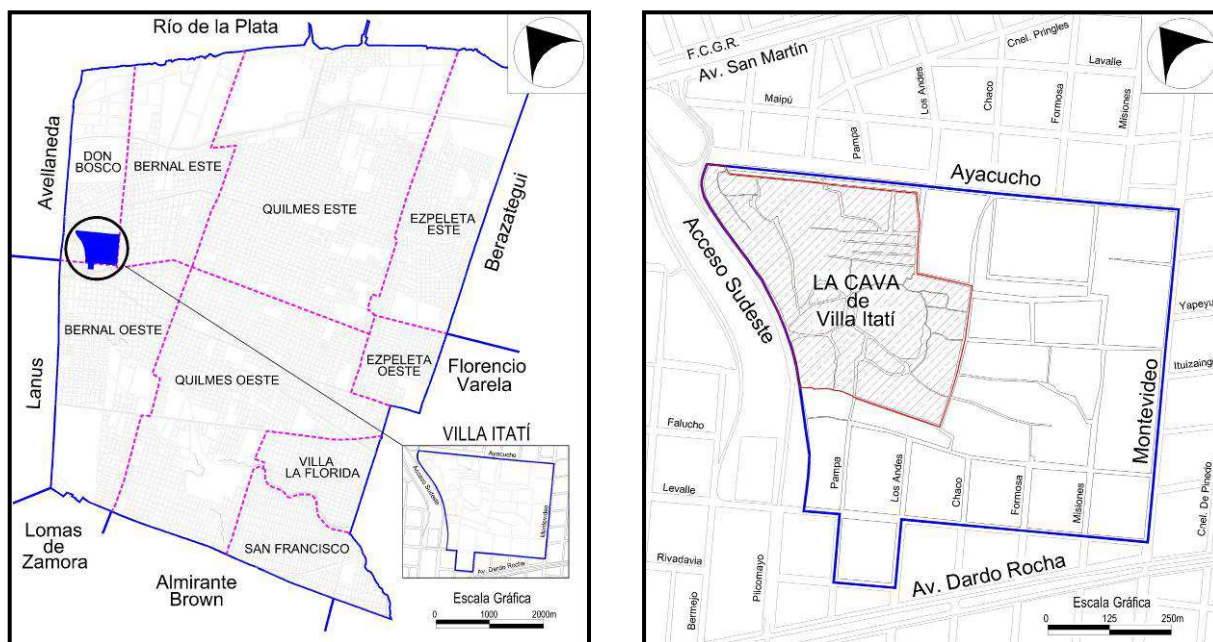
En este sentido, Villa Itatí y en particular el sector llamado “La Cava”, ubicados en el partido de Quilmes, provincia de Buenos Aires, conforman un ejemplo de sistema hidrológico altamente disturbado, en el cual la intervención antrópica tuvo un rol preponderante. Originalmente existía otro sistema, constituido por el terreno natural, su régimen hídrico superficial y subterráneo, el cual fue modificado sustancialmente, transformándose en otro completamente distinto. Este proceso de transformación de áreas naturales en urbanas implica la modificación del ciclo hidrológico de un modo definido y previsible (agua potable, cloacas, desagües, superficies impermeables, etc.), pero en el caso de urbanizaciones espontáneas y no planificadas esto no se cumple, dando lugar a situaciones complejas e imprevisibles.

El objetivo del trabajo realizado fue elaborar un balance hidrológico bajo régimen no permanente, en una cuenca urbana marginal no planificada, y como resultado del mismo fue posible cuantificar el agua presente en La Cava, identificarla respecto de sus orígenes y calcular los porcentajes de incidencia de cada uno de ellos. Asimismo, los análisis de la calidad del agua realizados permitieron formular este balance como una expresión de masas. Finalmente a partir de la utilización de las herramientas que provee el diagnóstico y la gestión ambiental, con eje en el análisis de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo hídrico presente en el área de estudio, se plantean recomendaciones a ser consideradas en futuras acciones de planificación urbana, ya sea en el uso del recurso como en la adecuación de La Cava misma.

El trabajo efectuado se enmarca en lo que podría denominarse ecohidrología urbana, que intenta observar desde una óptica hídrico - ambiental, una cuenca disturbada, de características singulares, con una componente hidrológica relevante y una población expuesta a un importante grado de vulnerabilidad y riesgo. Dentro de esta concepción ecohidrológica urbana, concurren al marco teórico los instrumentos propios de la gestión ambiental urbana, en el contexto de una población vulnerable desde el punto de vista sanitario y de la calidad ambiental, y un elemento trascendental cual es el agua, que se manifiesta en recurso para consumo, eliminación de líquidos cloacales y resguardo de inundaciones. El agua es la experiencia ambiental más cercana que tiene intuitivamente una comunidad, siendo la protagonista principal en la interacción entre la sociedad y la naturaleza. Es en base a estos aspectos, todos ellos presentes en el ambiente urbano de Villa Itatí, y particularmente en el sector de La Cava, que se considera conveniente estudiar al tema desde un enfoque diferente al tradicionalmente propuesto, esto sería, tratarlo sólo como un problema de saneamiento hídrico.

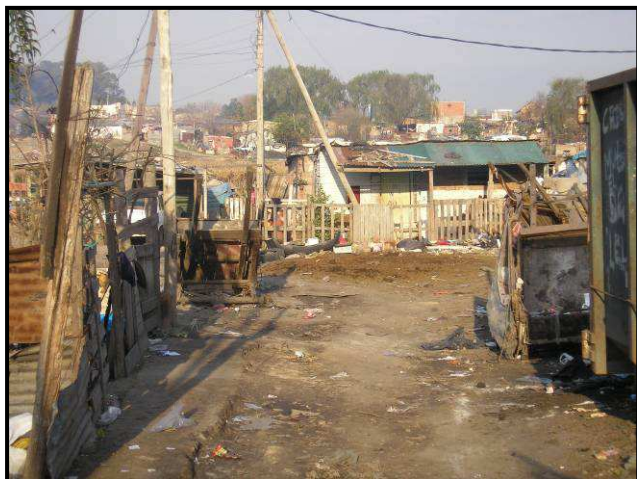
ÁREA DE ESTUDIO

El asentamiento urbano de Villa Itatí tiene una superficie de 55,8 ha, y se encuentra en la localidad de Don Bosco, partido de Quilmes (Fig. 1 y 2). Está casi totalmente urbanizado, las calles internas son de tierra, de forma irregular (típicas de estas zonas de asentamientos precarios donde la urbanización no responde a parámetros parcelarios ordenados), de anchos variables, y en general de uso sólo peatonal (Fig. 1 y 2; Fotos 1 a 4).



Figuras 1 y 2: Ubicación de Villa Itatí en el partido de Quilmes y de La Cava en Villa Itatí.

La cuenca hidrográfica a la que pertenece La Cava es la del arroyo Santo Domingo (Área=210 km²), formado por la confluencia de los arroyos San Francisco y Las Piedras, el cual tiene como destino final el Río de la Plata. El área de estudio queda comprendida dentro de la región hidrogeológica Noreste (NE) de la provincia de Buenos Aires (González, 2005). La principal característica que relaciona al sistema es la recarga que se produce por el movimiento de filtración vertical descendente. El clima de la región es del tipo templado – húmedo (Auge, 2004), con temperatura media anual del orden de los 17 °C (1901/1990). El sector denominado “La Cava” está enclavado dentro de Villa Itatí, siendo básicamente la urbanización de una excavación de préstamo de tosca. Esta zona comprende una superficie estimada de 15,8 ha y se caracteriza por sus construcciones precarias ubicadas sobre los taludes y fondo de la excavación, pasillos tortuosos, zanjas abiertas y carencia de los servicios públicos básicos. Por su propia característica (una hoya) confluyen en La Cava aguas de diferentes orígenes y calidades, las cuales permanecen o escurren lentamente en superficie. La parte baja está conformada por un cuerpo de agua tipo lagunar que recibe los efluentes superficiales (precipitación, aguas servidas, desagües pluviales) y subterráneos. En esta zona se encuentra instalada una estación de bombeo que permite mantener controlado su nivel de agua, constituyendo un humedal cubierto por vegetación palustre dominada por “Totoras” (género Typha) (Fotos 1 a 4).



Fotos 1 y 2: Acceso a La Cava desde el Acceso Sudeste y Laguna de Fondo.



Fotos 3 y 4: Vista de las conexiones a la red de agua potable y descarga cloacal directa a la laguna

Una de las actividades económicamente más activa de los pobladores de este sector de Villa Itatí es la recolección, fraccionamiento y venta de papel, cartón, vidrio, hierro, plástico, etc., la cual está en parte canalizada y organizada por la Asociación de Cartoneros de Villa Itatí, cooperativa surgida por iniciativa de los “carreros” de La Cava. Como es común en esta actividad, el producto del “cartoneo” se manipula, selecciona y clasifica en las casas con intervención del grupo familiar, lo cual trae como consecuencia la generación de pequeños basurales que se extienden por distintos espacios libres o en la proximidad de las viviendas. Todo esto hace que el contexto socioeconómico del área sea de un importante grado de pobreza (por ingreso y estructural), de precariedad habitacional, sanitaria, ambiental y de infraestructura.

METODOLOGÍA

Para la realización del balance hídrico se utilizó un modelo bajo régimen no permanente (del tipo: Ingresos – Egresos = +/- Variación del Almacenaje); esto es, la diferencia entre el total de las entradas y el total de las salidas, en el período de tiempo considerado, debe ser igual a la variación en el almacenamiento, en este caso expresado como volumen [m³]. Para el caso particular de La Cava de Villa Itatí, el mismo conforma un sistema endorreico, formado por una cuenca urbana cerrada sin afluentes superficiales, en la cual todos los aportes tienen como destino final el espacio lagunar ubicado en la parte más baja, por lo que la ecuación general toma la forma expresada en (1):

$$Pe + Qsb + Qi - Evt - Qe = \pm \Delta Ssp \quad (1)$$

Donde:

- “*Pe*”: *Precipitación Efectiva*, obtenida mediante el Método del CN (NRSC)
Cabe mencionar, que en este caso, la aplicación del método del SCS presenta una limitación metodológica, ya que fue desarrollado para eventos aislados de precipitación, y no para la simulación continua, como es el caso propuesto de balance hidrológico a paso de tiempo diario. Este método no simula la curva de secado del suelo entre eventos, y por lo tanto no admite la continuidad del cálculo. Sin embargo, se entiende que las condiciones propias de la zona de estudio en lo que respecta al tipo de suelo y estados de saturación hacen posible su aplicación.
- “*Qsb*”: *Afluencia Subterránea*, a partir de la Ley de Darcy.
- “*Qi*”: *Agua Importada*, con origen en conexiones a la red de agua potable, calculada por (2):

$$Qi = \frac{Cv \cdot D \cdot Pob.}{1000} \quad (2)$$

Qi: volumen de agua importada [m³/día] - *D*: dotación de agua potable [litros hab/día] - *Pob.*: población [hab] - *Cv*: Coeficiente de vertido [-]

- “*Evt*”: *Evapotranspiración*, aplicando Thornthwaite – Mather (1967)
- “*Qe*”: *Agua Exportada*, coincidente con el volumen diario de bombeo, obtenido con (3):

$$Qe = \sum_1^3 q_{bi} \times Nhi \quad (3)$$

Qe: caudal de bombeo [m³/día] - *q_{bi}*: caudal erogado por la bomba “*i*” [m³/h] - *Nhi*: número de horas diarias de funcionamiento de la bomba “*i*” [hs/día]

El caudal erogado por las bombas fue obtenido a partir de los tiempos de arranque y parada y las curvas nominales de funcionamiento hidráulico Altura–Caudal (H-Q) dadas por el fabricante, en las cuales esta incorporado el rendimiento del equipo. Los dos equipos que funcionan normalmente son relativamente nuevos y el tercero (de resguardo), posee mayor antigüedad, por lo que su uso es sólo alternativo. La instalación es sencilla, sin mediar elementos que originen pérdidas localizadas relevantes.

- “*ΔSsp*”: *Variación del Almacenamiento Superficial*

Como se mencionó, el paso de tiempo del balance se estableció en un día, y el período total considerado corresponde a los meses de abril a diciembre de 2011, 270 días (nueve meses). Los datos de precipitación y temperatura se obtuvieron de los registros de la estación meteorológica Aeroparque Buenos Aires (SMN). El volumen inicialmente contenido en la laguna se estimó a partir de considerar su superficie de 2,98 ha y una profundidad promedio del orden de los 0,85 m, lo que resulta prácticamente en un almacenamiento superficial de 25.000 m³.

Con el objetivo de evaluar la calidad del agua, su carga de contaminantes, características y componentes, se realizó una serie de tomas de muestras en lugares previamente determinados, de

manera que fueran representativos del objetivo planteado, y que a su vez fuera factible contrastarlos para obtener una mayor información comparativa. A las muestras obtenidas se les realizaron análisis bacteriológicos, fisicoquímicos y determinación de metales pesados, y cuyos resultados fueron cotejados con las normas, regulaciones y legislaciones vigentes, referentes a las condiciones de calidad fisicoquímica y microbiológica que deben cumplir los cuerpos de agua con exposición humana, ya sea directa o indirecta.

Respecto al diagnóstico ambiental, para que exista riesgo debe existir una amenaza, siendo la "vulnerabilidad" la propensión de sufrir daños que exhibe un componente de la estructura social. El riesgo es, en consecuencia, una condición latente o potencial y su grado depende de la intensidad probable de la amenaza y los niveles de vulnerabilidad existentes (Merlinsky, 2006). Por ello, el eje de su análisis se sustenta en los conceptos estratégicos para la gestión ambiental urbana: Amenaza-Vulnerabilidad-Riesgo (A-V-R).

Las tareas de campo más relevantes, aparte del relevamiento topográfico, consistieron en las campañas de registro del nivel freático en pozos de observación y laguna, con el objeto de estimar el gradiente hidráulico; y el establecimiento de una "Planilla de Control de Bombeo" donde se registró, día a día, la hora de arranque y parada de cada una de las bombas. Este Control estuvo a cargo de los propios vecinos de La Cava que pertenecen a la Asoc. de Cartoneros de Villa Itatí.

RESULTADOS

La evolución diaria del balance hidrológico, en el período (270 días; Fig. 3) muestra que entre septiembre y noviembre el almacenamiento superficial en la laguna se estabilizó en un valor cercano a los 16.000 m³, luego de un fuerte descenso durante el mes de agosto. En la Fig. 4 y en la Tabla 1, se muestra la comparación entre los ingresos y egresos totales de cada mes.

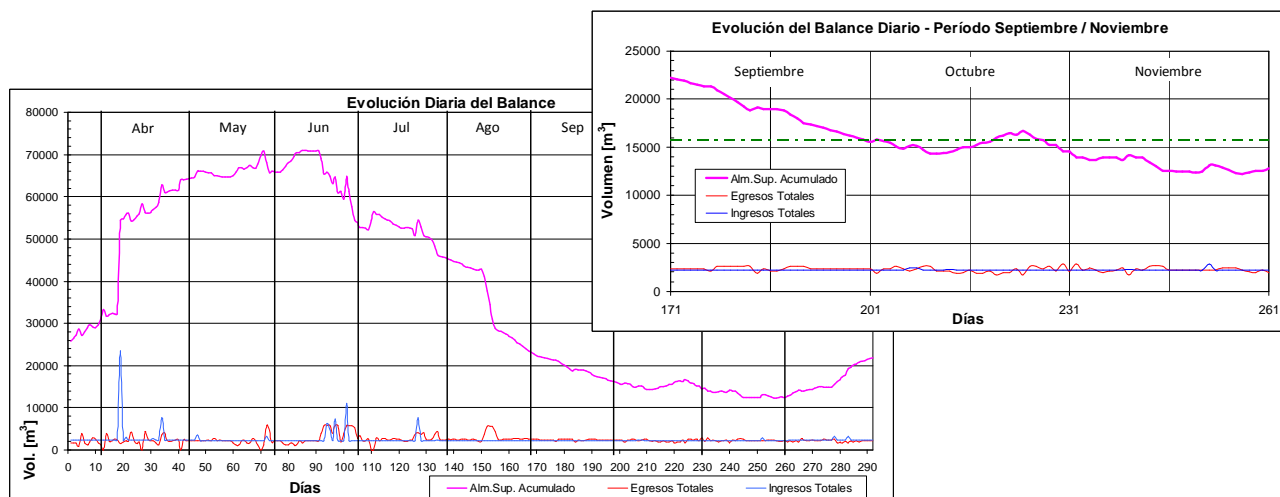


Figura 3: Evolución diaria del balance hidrológico. Detalle Septiembre - Noviembre

El detalle de la Fig. 3, muestra que en el período septiembre-noviembre, fue posible minimizar el efecto de la precipitación efectiva como ingreso y la evapotranspiración potencial como egreso, lo que permitió comparar las variables predominantes, agua importada y escurrimiento subterráneo como ingresos, y bombeo como egreso. El resultado de esta comparación se muestra en la Figura 5, y en la que se observa que en el paso diario el volumen bombeado es variable, pero en su valor medio prácticamente compensa la suma del agua importada y la afluencia

subterránea, lo cual permitió ajustar los parámetros del modelo, cuyos valores finalmente adoptados fueron los indicados en la Tabla 2.

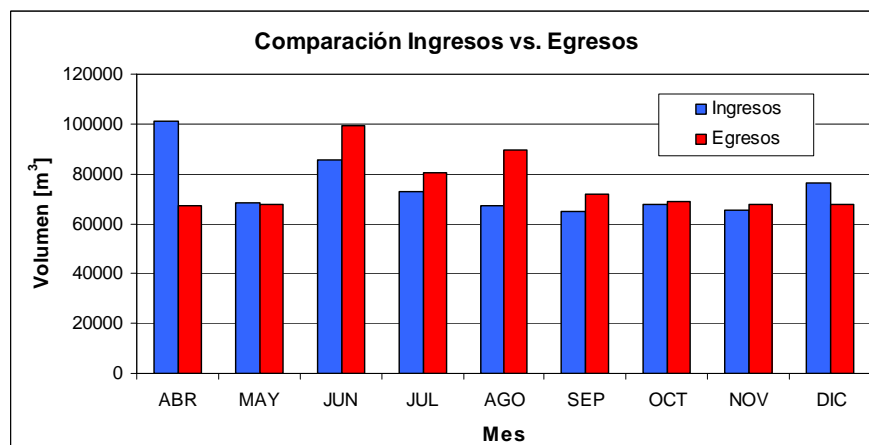


Figura 4: Balance hidrológico. Comparación Ingresos – Egresos Totales

Tabla 1: Balance Hidrológico. Ingresos y Egresos. Porcentajes de incidencia

Mes	Ingresos			Egresos	
	Precipitación Efectiva	Agua Importada	Afluencia Subterránea	Bombeo	Evapo-Transpiración
Abril	28,4%	56,6%	15,0%	96,9%	3,1%
Mayo	1,6%	75,4%	23,0%	98,0%	2,0%
Junio	24,3%	58,0%	17,7%	99,1%	0,9%
Julio	7,9%	70,6%	21,6%	99,0%	1,0%
Agosto	0,0%	76,6%	23,4%	99,0%	1,0%
Septiembre	0,0%	76,6%	23,4%	97,7%	2,3%
Octubre	0,9%	75,9%	23,2%	96,9%	3,1%
Noviembre	1,2%	75,6%	23,1%	95,0%	5,0%
Diciembre	2,2%	77,2%	20,5%	94,8%	5,2%
Media	7,4%	71,4%	21,2%	97,4%	2,6%

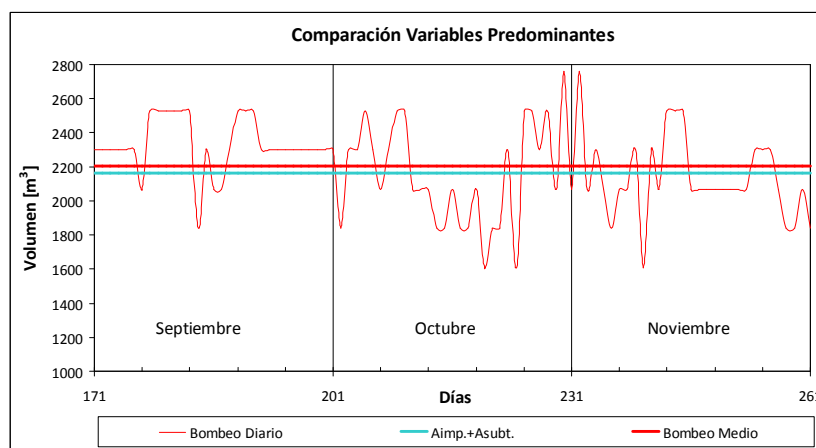


Figura 5: Balance hidrológico. Comparación Ai + As – Bombeo

Con el fin de interpretar si los volúmenes resultantes del balance eran factibles de ser contenidos en el área lagunar y su periferia, se ensayó la determinación de una curva altura – volumen, apoyados en las curvas de nivel previamente determinadas al inicio del trabajo y los controles de nivel realizados en la estación de bombeo. La representación gráfica de la curva

buscada (Fig. 6), muestra que la cota IGN de fondo del canal de acceso a la estación de bombeo es de 2,20 m, mientras que el volumen contenido por debajo de la misma (hasta cota 1,70 m o menor) se considera que no participa del cálculo.

Tabla 2: Valores de los parámetros resultantes del balance hidrológico

Variable	Parámetro	Valor
Afluencia Subterránea	Gradiente Hidráulico	$3,8 \times 10^{-3}$
	Transmisividad	100 m ² /día
	Longitud de la curva isofreática	1.270 m
Agua Importada	Dotación en meses de verano	190 l/hab/día
	Dotación en meses de invierno	170 l/hab/día
	Coefficiente de vertido	0,9
	Porcentaje de pérdidas en la red de agua	40%
Precipitación Efectiva	Número de Curva para condición II (CN II)	92
Evapo-Transpiración	Índice Térmico	75

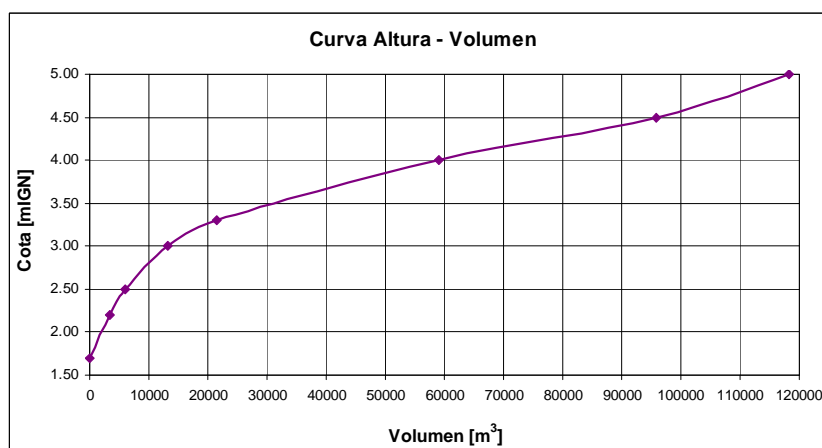


Figura 6: Área lagunar. Curva Altura – Volumen

La campaña llevada adelante para cumplir con el objetivo de evaluar la calidad del agua en contacto con los habitantes de La Cava, determinar su carga de contaminantes, sus características y sus componentes, contó con la toma de muestras en capa freática y laguna de fondo (Tabla 3), ambas en correspondencia con el fin del período estival y el invierno.

Tabla 3: Análisis bacteriológico

Ubicación	Observaciones	Tipo de Análisis
Capa Freática	En pozo de control del nivel de capa freática	Fisicoquímico y Bacteriológico
Laguna	Muestra integrada. En conducto de salida de la estación de bombeo	Fisicoquímico y Bacteriológico

Los resultados obtenidos de los análisis bacteriológicos y fisicoquímicos fueron comparados con los estándares oficiales establecidos por las siguientes normas:

- Ley 11.820 de la provincia de Buenos Aires. Anexo A - Tabla I y II (límites tolerables). Anexo B - Tabla I (Parámetros de calidad - descargas límites admisibles)
- Código Alimentario Argentino (CAA) – Art. 982 (suministro público de agua potable)
- Resolución Autoridad del Agua (ADA) de la provincia de Buenos Aires N° 336/03 - Anexo II - Parámetros de calidad de las descargas límite admisibles.

Las normas escogidas legislan sobre los parámetros de calidad que deben cumplir las aguas para consumo humano, de uso domiciliario y las descargas de efluentes cloacales según su receptor final. Se ha optado por estas normativas debido a que según se ha podido constatar con la propia experiencia, los habitantes de Villa Itatí y la Cava utilizan para consumo agua de red pública y su excedente, en parte, recarga la capa freática y el resto transita por desagües precarios y zanjías hacia la laguna. Por ello, la intención fue la de poder evaluar cuanto se aleja el agua presente en superficie y en contacto con la gente, de aquella de características seguras como la suministrada por el servicio público. Los resultados más importantes de estas comparaciones se muestran en las Tablas 4 a 7.

Tabla 4: Análisis bacteriológico. Comparación con Resolución ADA N° 336/03

Determinación	Muestras		Valor de referencia		
	Verano	Invierno	Resolución ADA 336/03		
	Laguna	Laguna	Colectora Cloacal	Pluvial o cuerpo agua superficial	Absorción por el suelo
Bacterias Coliformes Termorresistentes	> 1.100.000	> 1.100.000	≤ 20.000	≤ 2.000	≤ 2.000

Tabla 5: Análisis bacteriológico. Comparación con CAA Art. 982

Determinación	Muestras		Valor de referencia
	Verano	Invierno	Código Alimentario Argentino
	Freática	Laguna	
Bacterias Coliformes Totales	2.400.000	> 1.100.000	≤ 3
Pseudomonas	16	2,2	ausencia

Tabla 6: Sustancias Inorgánicas. Comparación con Resolución ADA N° 336/03

Determinación	Muestras		Valor de referencia		
	Verano	Invierno	Resolución ADA 336/03		
	Laguna	Laguna	Colectora Cloacal	Pluvial o cuerpo agua superficial	Absorción por el suelo
DQO	77	83	≤ 700	≤ 250	≤ 500
DBO	25	15	≤ 200	≤ 50	≤ 200
Nitrógeno Total	8,4	2,9	≤ 105	≤ 35	≤ 105
N Amoniacal	< 0,2	0,5	≤ 75	≤ 25	≤ 75
Fósforo Total	1,17	0,6	≤ 10	≤ 1	≤ 10

Tabla 7: Sustancias Inorgánicas. Comparación con Ley 11.820 y CAA

Determinación	Muestras		Valores de referencia	
	Verano	Invierno	Ley 11.820 Límite Tolerable	Código Alimentario Argentino
	Freática	Freática		
pH	7	7,4	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
Cloruros	77	193	250	< 350
Sulfatos	50	155	250	< 400
Sólidos totales	469	1.17	1.5	< 1.500
Nitratos	3	86	50	< 45
Nitritos	< 0,03	0,06	3	< 0,10

La precipitación más importante durante el período estudiado, se produjo en el mes de abril y alcanzó un valor de 101,1 mm en 24 horas. A efectos de obtener una estimación expeditiva de su

período de retorno (recurrencia) se la contrastó con las ecuaciones de I-D-R recomendadas en el Programa de Protección de Inundaciones del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. Los valores de intensidad [mm/h] y precipitación [mm] resultantes para tormentas de 24 horas de duración y distintas recurrencias, resultan (Tabla 8):

Tabla 8: Intensidad y precipitación para D= 24hs, según recurrencia

	R=2	R=5	R=10	R=20	R=50	R=100
Intensidad (mm/h)	3,9	4,9	6,0	7,4	8,2	8,9
Precipitación (mm)	93,6	117,6	144,0	177,6	196,8	213,6

Como resultado del contraste se obtuvo que a dicha precipitación le correspondería una recurrencia algo inferior a los 5 años. Esta lluvia no tuvo consecuencias graves en el sentido que fuera necesario evacuar algún sector de La Cava, pero produjo un estado general de anegamiento y la necesidad que los equipos de bombeo funcionaran 24 hs en forma continua para mantener controlado el nivel de agua. Este análisis fue realizado para otros eventos de precipitación antecedentes de intensidad de 24 hs conocidas, permitiendo establecer el límite en la capacidad de respuesta que tiene La Cava ante un evento puntual de una precipitación de mediana intensidad, y tomar conciencia de lo que ocurriría si se produjeran precipitaciones intensas con períodos de retorno superiores o extraordinarios.

Análisis de sensibilidad de los parámetros adoptados

Los distintos componentes del balance requerían la determinación de parámetros para su calibración. Los valores inicialmente adoptados son los que se muestran en la Tabla 2, los cuales surgieron en base a la experiencia y la recopilación de antecedentes. No obstante, se realizó un análisis de sensibilidad de los parámetros involucrados en las variables más relevantes, con el fin de evaluar su influencia sobre los resultados, dando más de 20 escenarios posibles. Los escenarios que resultaron factibles (es decir, compatibles con los niveles observados de la laguna de fondo en el período de calibración), se muestran en la Tabla 9. Los escenarios 9, 14 y 18 corresponden a la combinación de parámetros que mejor reproducen los niveles observados de la laguna. De esta forma se comprobó que el escenario 18 (valores coincidentes con la Tabla 2) pertenece al conjunto de combinación de parámetros más factibles.

Tabla 9: Análisis de sensibilidad. Escenarios factibles

Escenario	Precipitación Efectiva		Agua Importada		Afluencia Subterránea			ΔSsp	Cota
	Grupo Hidrológico		Coef. de Vertido		Transmisividad				
	"C"-CN=88	"D"-CN=92	0,8	0,9	100	120	150	m³	IGN
5	88	---	0,8	---	---	---	150	22.444	3,32
9	88	---	---	0,9	---	120	---	18.061	3,18
10	88	---	---	0,9	---	---	150	50.885	3,85
14	---	92	0,8	---	---	120	---	9.224	2,72
15	---	92	0,8	---	---	---	150	42.048	3,68
18	---	92	---	0,9	100	---	---	15.782	3,10
19	---	92	---	0,9	---	120	---	37.665	3,60
20	---	92	---	0,9	---	---	150	70.489	4,16

CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

- La conclusión de mayor relevancia que arrojó el balance hidrológico es la que establece que el bombeo diario compensa la suma de los ingresos por agua importada y afluencia subterránea. Esto significa que se extrae diariamente del sistema (bombeo) prácticamente un volumen de agua semejante al generado por la misma población que habita La Cava.
- La carga bacteriológica presente en las muestras de agua supera ampliamente los límites establecidos por las normas, confirmando que con la capa freática, está en contacto los pozos negros de las casas ubicadas en la parte alta de La Cava, y que el agua de la laguna, que está cercana a las viviendas y que eventualmente entra en contacto con los habitantes de la zona baja, se encuentra altamente contaminada con organismos patógenos.
- No existe, sin embargo, presencia de los metales pesados cromo, cadmio, plomo y mercurio tanto en la capa freática como en la laguna.
- Los resultados de los análisis químicos y la dinámica del ciclo del agua verificada en el balance, permitirían ensayar la conclusión que el agua presente tanto en la capa freática como en la laguna de La Cava, sería de buenas condiciones fisicoquímicas, similares a la del agua de red, pero que sufre un proceso de contaminación bacteriológica en su paso por la capa freática hacia la laguna. Una vez allí sufre los procesos ecológicos propios de un cuerpo lagunar.
- Contrastadas las precipitaciones ocurridas en el período estudiado con las ecuaciones de I-D-R recomendadas para la Ciudad de Buenos Aires, se determinó que el cuerpo lagunar de La Cava de Villa Itatí posee una capacidad para retener o amortiguar los efectos de una precipitación diaria del orden de los 5 años de recurrencia (hasta 118 mm), sin que se produzcan inundaciones en su periferia que obliguen a la evacuación de las viviendas. Relacionada esta amenaza natural y socio-natural (precipitación), con la vulnerabilidad física y social presente en La Cava, permite establecer que el grado de riesgo de padecer inundaciones que motiven su evacuación, es del orden de los cinco (5) años.
- Las consecuencias de estas inundaciones tienen impactos particularmente importantes, debido a que vienen a empeorar una situación de vulnerabilidad pre-existente, y de por sí ya comprometida en lo habitacional y sanitario. Ante estos eventos, las pérdidas materiales pueden representar la totalidad de los bienes y equipamientos, el daño en la infraestructura de la vivienda llega a ser total y emergen las enfermedades de vector hídrico.
- Para La Cava en particular y Villa Itatí en general, es necesario realizar una zonificación de las áreas con riesgo hídrico que permita establecer un plan de desarrollo de infraestructura (acceso al abastecimiento de agua potable, saneamiento y drenaje urbano), pero sobre todo para poder intervenir eficientemente ante una emergencia, no solo de origen hídrico sino también sanitario.
- El actual estado de vulnerabilidad social de La Cava de Villa Itatí se ha ido construyendo a lo largo del tiempo a partir de las decisiones tomadas por los actores de la misma sociedad. Por ello, el riesgo resultante de la combinación de las amenazas analizadas, con los tipos de vulnerabilidad económica, política, cultural, etc., que involucran a esos actores sociales, deriva de la ausencia de una gestión del territorio en lo que respecta a su planificación y ordenamiento.
- Es necesario dejar un área libre de construcciones que provea un volumen remanente para absorber precipitaciones con períodos de retorno por encima del umbral mencionado anteriormente, de manera de disminuir el riesgo de inundación asociado a lluvias intensas.

- Como consecuencia de los resultados derivados del balance hidrológico y del análisis A-V-R surge la necesidad de intervenir en La Cava de Villa Itatí de modo de detener el asentamiento poblacional que se ha ido produciendo en los últimos años, en particular en la zona baja, aquella que posee un riesgo mayor de inundación y se encuentra en contacto con el agua de la laguna.

Aunque esta conclusión final pudiera coincidir con la intuición de partida más lógica, esto es, que el área descripta no es apropiada para el asentamiento de población estable, se debe destacar que el peso de la recomendación dada en este trabajo se apoya en cuantificaciones técnico-ambientales y ecohidrológicas, pocas veces disponibles en los ámbitos de decisión sociopolítica.

BIBLIOGRAFÍA

- AUGE, M. P.** (2004) *"Hidrogeología de la Ciudad de Buenos Aires"*. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Departamento Ciencias Geológicas. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires.
www.alhsud.com/public/ebooks/Hidrogeologia-Bs_As.pdf [consulta 13/05/2013]
- Cardona, A.; Omar, D.** (1991) *"Evaluación de la Amenaza, la Vulnerabilidad y el Riesgo: elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo"*. En Los desastres no son naturales.
- Custodio, E & Llamas, M. R.** (1983), *"Hidrología Subterránea"*. T 1 y 2. Ed. Omega (2da. Edición). Barcelona. España; ISBN: 84-282-0446-2
- Chow, Ven Te; et al** (1994) *"Hidrología Aplicada"*. Mc. Graw Hill. Interamericana S.A. Santafé de Bogotá, Colombia; ISBN: 958-600-171-7
- González, N.** (2005) *"Los ambientes Hidrogeológicos de la Provincia de Buenos Aires"*. Geología y Recursos minerales de la Provincia de Buenos Aires. Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino, Cap. XXII, 359-374. La Plata, Argentina; ISBN: 987-22403-0-2
- Hernández, Mario A.** (1993) *"Métodos para estudios hidrológicos en una cuenca endorreica"*. Conferencias de Limnología. A. Boltovskoy y H. L. López Ed. Inst. de Limnología "Dr. A. Ringuelet", pp193-202. La Plata, Argentina; ISBN: 987-99318-1-5
- Merlinsky, G.** (2006) *"Vulnerabilidad social y riesgo ambiental: ¿Un plano invisible para las políticas públicas?"*. Publicación Mundo Urbano, Universidad Nacional de Quilmes. Instituto Germani y Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad del Salvador.
- Municipalidad de Quilmes** (2010) *"Censo Social Quilmes 2010"*. Edición propia Municipalidad de Quilmes. Buenos Aires, Argentina.
- Orsolini, H.; et al.** (2010) *"Hidrología. Procesos y Métodos"*. UNR Editora. Rosario, Argentina. ISBN: 950-673-254-4
- Thornthwaite, C. W.; Mather J. R.** (1967) *"Instrucciones y tablas para el cómputo de la evapotranspiración potencial y el balance hídrico"*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Tirada Interna N° 46. INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Tucci, M. E.** (2007) *"Gestión de Inundaciones Urbanas"*. WMO MMO. Traducción al español.
- Vera, A. G.; et al.** (2006) *"Quilmes: diagnóstico sobre las condiciones urbanas y ambientales"*. Editorial Universidad Nacional de Quilmes. Buenos Aires, Argentina; ISBN: 987-558-071-6.